

[3]Detection Performance of Active Sonar Based On Underwater Acoustic Communication Signals

简要总结：提出了一种可检测目标反射的通信信号回波的探测通信一体化系统。并基于该水声无线调制信号的**目标回波模型**，针对三类水声通信调制信号：BPSK、MSK、2FSK，采用传统的波束成形和多种信号分类算法进行**检测性能与误码率的分析**。研究成果可指导探测通信一体化系统的集成波形设计。

1.面临挑战

传统的水下声学探测系统和通信系统是独立的，无法充分利用两个系统的优势。同时，水下环境的复杂性和不确定性也给水下声学通信带来了很大的挑战。对于探测通信一体化的研究主要集中在雷达通信上，对于水下探测通信一体化的研究较少。

2.现有研究

过去的研究主要应用于雷达的集成系统，对水下探测通信的集成系统也具有参考意义。同时，现有的研究也存在一些问题，如传统的主动声纳信号固定、难以适应通信信号变化等。

3.解决方案

本文提出了一种可检测目标反射的通信信号回波的探测通信一体化系统，能够利用水下声学通信信号来提高主动声纳的探测性能。并选择了三种传统的单载波水声调制信号，通过分析**模糊函数和Q函数（Q1）**探究探测性能，进而指导集成系统的波形设计。

4.模型

基于建立的目标回波模型，

首先对水声无线调制信号进行模糊函数分析，反映其时域频域分辨率。

其次使用Q函数来衡量不同信号类型的**抗回声（混响）能力（Q2）**。

最后对不同调制模式（MSK、2FSK和BPSK）的探测和通信性能进行分析，使用**线性阵**

列接收模型（Q3）和Monte Carlo实验（Q4）来研究探测性能；使用误码率来分析通信性能。

5.算法

使用传统的波束成形和多信号分类算法进行Monte Carlo实验来评估目标估计性能。

- 基于多普勒频移的目标估计算法是一种用于估计目标多普勒频移的算法。该算法首先对接收信号进行快速傅里叶变换（FFT），然后通过计算不同频率下的信号相位差来估计目标的多普勒频移。该算法的优点是计算简单，适用于低速目标的估计。
- 波束成形和多信号分类算法用于估计目标入射角度。首先对接收信号进行波束成形，然后使用多信号分类算法来估计目标的入射角度。波束形成可以通过调整传感器的权重系数来实现，从而实现对目标信号的增强和噪声的抑制。多信号分类算法可以通过计算接收信号的空间谱来实现，从而实现对目标信号的定位和分离。该算法的优点是估计精度高，适用于高速目标的估计。

6.仿真性能分析

在探测性能方面，MSK和2FSK调制信号的模糊函数为“钉状”，BPSK调制信号为“钉板状”，均具有较高的时间和频率分辨率。通过Q函数分析，FSK、MSK和BPSK的Q函数值依次减小，抗混响能力随着多普勒频移的值逐渐增强。

再使用Monte Carlo实验来评估不同调制模式的探测性能；结果显示，在相同带宽、采样率、传输速率和其他条件下，三种调制方式具有相同的估计性能。

用误码率衡量通信指标，通常，PSK的BER较小，其次是MSK，2FSK较大。

综合分析可得，BPSK调制信号在水声无线通信中具有最佳的抗回声性能；并且具有最低的误比特率（BER）。

7.问题记录

Q1：模糊函数与Q函数的物理意义。

A：

模糊函数用于分析在使用最佳信息处理的情况下系统的距离和速度的分辨率。因此，模糊函数可以帮助我们选择一个合理的发射波形。

Q函数是模糊函数的平方沿距离维度的积分系统。其物理意义是经过匹配滤波后，各个距离散射产生的混响回波的能量卷积。它用于测量不同信号的抗混响能力。函数值越小，输出的混响强度越小，越有利于在混响约束下检测目标。

二者结合起来可反映系统的探测性能。

Q2:水下混响对于水声探测与通信的影响？

A:水下混响是由散射点在接收点的叠加形成的，这是由水下环境的不均匀性和发射信号的散射引起的。对于主动声纳系统来说，混响是浅海环境中的主要背景干扰。因此，抗混响性能对主动声纳信号具有重要意义。

Q3：建立线性阵列接收模型的原因、作用。

A：目标回波信号是由照射目标时的反射信号形成的，回波信号与原始信号相比具有时延、多普勒频移和幅度变化。

线性阵列接收模型指使用一组等间距的传感器来接收水下声学信号，目的是通过接收信号矩阵来估计目标的入射角度 θ 。

Q4:Monte Carlo实验的作用

A：蒙特卡罗（Monte Carlo）方法，又称随机抽样或统计试验方法，是把概率现象作为研究对象的数值模拟方法。是按抽样调查法求取统计值来推定未知特性量的计算方法。